

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-236206

(P2002-236206A)

(43)公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51)Int.Cl.⁷

G 02 B 5/18

G 01 J 3/14

G 02 B 6/12

識別記号

F I

G 02 B 5/18

G 01 J 3/14

G 02 B 6/12

テ-マ-ト⁸ (参考)

2 G 02 0

2 H 0 4 7

F 2 H 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全13頁)

(21)出願番号 特願2001-266719(P2001-266719)

(22)出願日 平成13年9月4日 (2001.9.4)

(31)優先権主張番号 特願2000-266533(P2000-266533)

(32)優先日 平成12年9月4日 (2000.9.4)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(31)優先権主張番号 特願2000-368465(P2000-368465)

(32)優先日 平成12年12月4日 (2000.12.4)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000004008

日本板硝子株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号

(72)発明者 橋高 重雄

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号

日本板硝子株式会社内

(72)発明者 奈良 正俊

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号

日本板硝子株式会社内

(74)代理人 100069084

弁理士 大野 精市

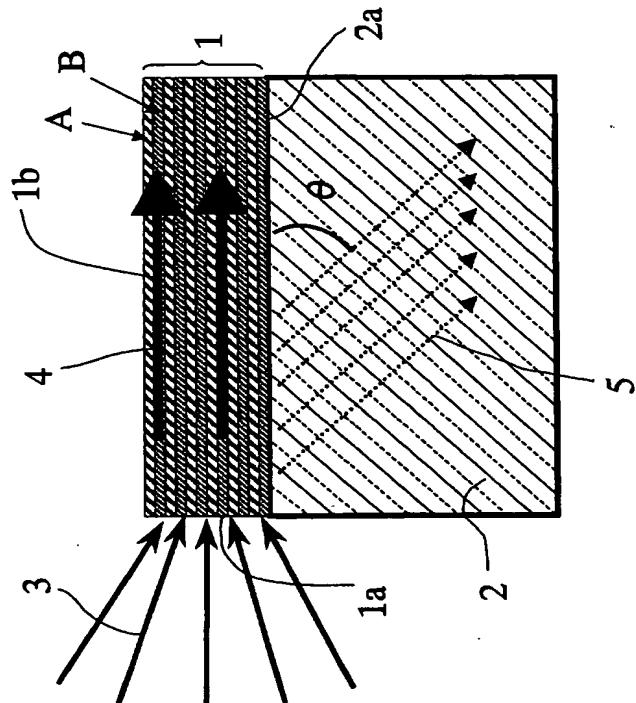
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子およびそれを用いた分光装置

(57)【要約】

【課題】波長多重光通信における波長分波素子等として使用される回折格子は、出射角の波長依存性が小さいため、波長間隔の小さい光を分離して受光するためには、回折格子から受光位置までの距離を大きくする必要があり、光分波装置が大型化せざるを得ないという問題点があった。

【解決手段】周期的な多層構造体、例えば透明基板上に形成した誘電体多層膜によって構成される光学素子において、この多層構造体の層面と平行でない端面を光入射面もしくは光出射面の少なくとも一方として使用する。この周期的多層構造体の1周期の長さが、使用波長に対して一定の条件を満たすとき、この多層構造から漏出する光は指向性が良く、その出射角度の波長依存性が大きいという特徴を有する。この特徴を利用すれば、装置を大型化することなく高分解能の分光装置を実現することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】周期的多層構造体によって構成される光学素子において、該多層構造体の層面と平行でない端面を光入射面もしくは光出射面の少なくとも一方として使用することを特徴とする光学素子。

【請求項2】前記周期的多層構造体の1周期の長さaが、使用波長λに対して次式の範囲であることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

$$0.5\lambda/n_w \leq a$$

ただし、 n_w は波長λにおける前記多層構造体1周期範囲内での平均屈折率である。

10

【請求項3】前記周期的多層構造体の1周期が互いに異なる材料各1層から構成されることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項4】前記周期的多層構造体を構成する各層の境界のなかに、連続的に組成もしくは特性が変化する層を含むことを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項5】前記周期的多層構造体を構成する複数の物質間における最大屈折率差が、使用波長において0.1以上であることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項6】前記周期的多層構造体への光入射端面が該多層構造体の層面と直交することを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項7】前記周期的多層構造体からの光出射端面が該多層構造体の層面と直交することを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項8】前記周期的多層構造体への光入射端面と該多層構造体からの光出射端面が互いに平行であることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項9】前記周期的多層構造体が、使用波長に対して透明な基板上に形成した周期的に同じ構造を繰り返す光学的多層膜層であることを特徴とする光学素子。

【請求項10】請求項1に記載の周期的多層構造体によって構成される光学素子と、該光学素子の光入射端面に複数波長の混合した光束を入射させる手段と、前記光学素子の光出射端面から波長ごとに異なる角度で出射される光線を検知する手段とを有することを特徴とする分光装置。

【請求項11】前記周期的多層構造体が使用波長域に対して透明な基板の片側表面に形成した周期的に同じ構造を繰り返す光学的多層膜層であり、該多層膜層から前記基板へ出射される光線を該基板の内部で全反射させて、基板の端面より取り出すことを特徴とする請求項10に記載の分光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システム、光計測機器等に用いられる光学素子および分光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、インターネットの急速な普及により、光ファイバ通信網の容量の増大が強く求められており、その手段としてWDM(波長多重)通信の開発が急速に進められている。WDM通信においては、わずかな波長差の光が個別の情報を伝達することから、波長選択性の良い光分波器、フィルタ、アイソレータといった光学機能素子が必要である。上記機能素子においては、量産性、小型化、集積化、安定性などが強く求められていることは言うまでもない。

【0003】波長多重光通信のように人為的に複数の波長が多重化された光信号を分波・検出する目的や、分光測定のように被測定光のスペクトル解析等の目的に光分波器(または分光装置)が用いられる。この光分波器には、プリズム、波長フィルタ、回折格子等の分光素子が必要とされる。とくに回折格子は代表的な分光素子であり、石英やシリコン基板などの表面に周期的な微細凹凸構造を形成したものが用いられている。その周期的凹凸構造によって発生する回折光が互いに干渉し、ある特定波長の光が特定の方向に出射される。この特性が分波素子として利用されている。

【0004】回折格子を用いた分光光学系の一例を図15に示す。光ファイバ21から出射した波長多重化された光線30はコリメータレンズ22で平行光31となり回折格子23に入射される。この光は回折格子23で分波され、波長ごとに異なった出射角をもって出射される。この出射光32は再びコリメータレンズ22を通過し、受光面24上に集光スポット群40を形成する。この各集光スポットの位置に受光手段としてフォトダイオードなどの光検出器、あるいは光ファイバの端面を設置すれば、所定の波長毎に分離した信号出力を得ることができる。また、回折格子に入射する光が連続スペクトルをもっていれば、受光面に設置する受光手段の間隔に応じてスペクトルの離散化した出力が得られる。

【0005】反射回折格子の場合、回折格子の回折次数をm、格子定数をd、使用波長をλとし、回折格子を形成した面の法線と入射光線(光ファイバの光軸5)のなす角をθi、出射光線のなす角をθoとすると、次式が成り立つ。

$$\sin \theta_i + \sin \theta_o = m \lambda / d$$

θiを一定とし、波長がΔλだけ変化すると、回折格子から距離しだけ離れた受光面上に到達する光線の位置の変化Δxは、

$$\Delta x = (Lm / (d \cdot \cos \theta_o)) \cdot \Delta \lambda$$

で与えられる。したがって波長間隔に応じて上式から計算される位置間隔で受光手段を受光面上に配列しておけば、各波長ごとに分離した信号が得られる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、回折格子からの出射角の波長依存性は小さい。例えば、光通信で用い

られる波長 $1.55 \mu m$ 帯で波長間隔 $0.8 nm$ (周波数間隔 $100 GHz$ に相当) の光を分波する場合を考える。回折次数 $m = 25$ 次とし、入射角 $\theta_i = 71.5^\circ$ 、出射角 $\theta_o = 38.5^\circ$ とすると、回折格子の格子定数 d は $24.7 \mu m$ となる。この系で上記波長間隔 $0.8 nm$ に対して得られる出射角の変化は約 0.06° に過ぎず、 $50 \mu m$ 間隔で配列した受光素子でこれを分離して受光するためには $L = 48 mm$ の距離が必要となる。

【0007】すなわち、受光面上の光スポットの位置変化 Δx は受光手段が一定の大きさをもつため、通常数 $10 \mu m$ 以上とする必要がある。回折格子の定数である m 、 d は大きくは変えられないため、小さい波長変化 $\Delta \lambda$ に対して必要な Δx を得るために距離 L を大きくする必要があり、回折格子を使用した光分波器の性能を向上させるためには装置を大型化せざるを得ないという問題点があった。

【0008】本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、回折格子より波長に対して大きな角度変化を生じる光学素子を提供し、分光光学系を小型化することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明においては、周期的な多層構造体によって構成される光学素子において、この多層構造体の層面と平行でない端面を光入射面もしくは光出射面の少なくとも一方として使用する光学素子を提案する。

【0010】このとき、周期的多層構造体の1周期の長さ a が、使用波長 λ に対して

$$0.5\lambda/n_m \leq a$$

の範囲とすることが必要である。ただし、 n_m は波長 λ におけるこの多層構造体1周期範囲内の平均屈折率である。

【0011】上記周期的多層構造体は少なくとも1周期が互いに異なる材料2層から構成されている必要があり、構成する各層の境界に、連続的に組成もしくは特性が変化する層を含ませてもよい。ただし、構成する複数の物質間における最大屈折率差が、使用波長において 0.1 以上であることが望ましい。

【0012】また、典型的には周期的多層構造体への光入射端面および/または光出射端面を多層構造体の層面と直交させる。あるいは多層構造体への光入射端面と多層構造体からの光出射端面を互いに平行とさせる。

【0013】このような多層構造体の典型的な構成は、使用波長に対して透明な基板上に形成した周期的に同じ構造を繰り返す光学的多層膜層である。上記のような光学素子を用いて、その光入射端面に複数波長の混合した光束を入射させる手段と、光学素子の出射端面から基板へ波長ごとに異なる角度で光線を出射させる手段を設けることによって分光装置が構成できる。この構成では、

光学素子を構成する多層構造体を、使用波長で透明な基板の片側表面に形成した光学的多層膜層とし、この多層膜層から基板へ出射される光線を基板の内部で全反射させて、基板の端面より取り出すような構成を実現することが可能である。

【0014】本発明では、周期的多層構造体の端面を光入射面、もしくは光出射面とする光学素子を構成し、この多層構造体から漏出する光の指向性が良く、その角度の波長依存性が大きいことを利用するものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について具体的に説明する。光機能素子のなかで、光の波長程度もしくはそれ以下の厚さを有する薄膜を石英やガラスなどの基板上に積層した多層膜を、反射防止膜、偏光分離フィルタ、波長選択性フィルタなどとして利用した光学素子は既に実用化しており、広く用いられている。

【0016】ところで、光学的多層膜の利用にあたっては、通常基板表面に設けた多層膜層の最上面から最下面まで貫通する光線を前提として考えられているものがほとんどである。多層膜層の端面、すなわち周期的構造が露出している面を、光入射面もしくは光出射面として使用した例としては、以下のようなものがあるに過ぎない。

【0017】傾いた多層膜層の断面に入射する光線の方向の理論的な解析が示され (Applied Physics B, 39巻、p. 231、1986年) 、また、構造性複屈折による偏光分離をねらいとし、多層膜層の屈折率が T_E 、 T_H の偏光によって大きく異なる性質 (いわゆる構造性複屈折) を利用して、複屈折材料と同様の偏光分離効果を得たことが開示されている (Optics Letters 15巻、9号、p. 516、1990年)。さらに周期的多層膜層を1次元フォトニッククリスタルと考え、第1バンドの形状がバンドギャップ近傍で直線状となることから、非常に大きい分散 (スーパーープリズム効果) が得られるとした報告もある ("International Workshop on Photonic and Electromagnetic Crystal Structures" Technical Digest, F1-3)。本発明者らはこれらの基礎的研究成果から示唆を受けて以下に説明する光学素子の発明に至った。

【0018】図1は本発明の実施形態における光学素子を模式的に示した断面図である。透明な平行平面基板2の片側表面 $2a$ に、周期的多層膜層1を形成する。多層膜は、例えば厚さ t_A の物質A (屈折率、 n_A) と厚さ t_B の物質B (屈折率、 n_B) を交互に積み重ねた周期 $a = (t_A + t_B)$ の構造とする。

【0019】本発明者らの実験によると、多層膜層1の端面 $1a$ を研磨して波長 λ のレーザ光3を入射させると、大部分の光は多層膜層1内部での導波光4となる。ところが、一部の光は基板側への漏出光5となる。この漏出光5の方向 (角度 θ) は波長 λ に対してほぼ一定であり、指向性の非常に良い光束となる。また、 θ の値は

λ が異なると大きく変化するため、高分解能の分光素子として利用することができる。

【0020】上記現象の原理について簡単に説明する。図2は本発明が対象とする周期的多層構造体100の一例を示す斜視図である。屈折率 n_A をもち厚さ t_A の物質Aと屈折率 n_B をもち厚さが t_B の物質Bが層状に繰り返しY方向に積層されている。各層の境界面、表面100bは(X、Z)平面内にあって互いに平行である。この境界面、表面100bをここでは層面と総称する。この多層構造体の周期 a は $(t_A + t_B)$ に等しい。

【0021】このような周期的多層構造体の端面(層面とは平行でない面)100aに波長 λ の光を入射したとき、この光がこの周期的多層構造体100内でどのように伝搬するか解析すると、一定条件においてこの周期的多層構造体100はいわゆるフォトニック結晶としてはたらき、伝搬する光に特異な効果を発現させることができると。

【0022】ここで、屈折率が均質な2つの媒体の境界における光の屈折を作図によって表現する方法を図3を用いて説明する。屈折率 n_A の媒体Aと屈折率 n_B の媒体B($n_A < n_B$ とする)の媒体A側境界面近傍を、境界面と平行に進む光線 R_A は、角度 θ の屈折光 R_B となって媒体B側に放出される。

【0023】この角度 θ は、半径が n_A と n_B に比例した2つの円 C_A 、 C_B を用いた作図によって求めることができる。図3に示すように円 C_A 、 C_B を描く。光線 R_A に対応する方向をもつベクトルを円 C_A 上からの法線として描く。この円 C_A 上の点から2つの円の中心を結ぶ直線に平行な直線を引き、円 C_B との交点を求める。この交点から円 C_B の法線方向にベクトルを描くと、これが屈折光 R_B の方向を示している。この円 C_A が均質物質Aに波長 λ の光が伝搬する際のもっとも基本的なフォトニックバンドに相当する。

【0024】周期的多層構造体に対してもフォトニック結晶の理論によりバンド図を計算することができる。計算の方法は、“Photonic Crystals”, Princeton UniversityPress (1995) あるいは、Physical Review B 44巻、16号、p. 8565、1991年、などに詳しい。

【0025】図2の周期的多層構造体100はY方向(積層方向)には無限に続く周期構造を有し、XおよびZ方向(平面の広がる方向)には無限に広がっていると仮定する。図4は、

$$n_A = 1.44 \quad (t_A = 0.5a)$$

$$n_B = 2.18 \quad (t_B = 0.5a)$$

の層を交互に重ねた周期 a の多層構造体についての、平面波法によるバンド計算の結果を、複数の波長に対するTH偏光の第1～第3バンドについて示したものである。各図は、逆空間における1周期を表わすブリルアンゾーンである。縦はY軸方向で上下の境界線は中心から $\pm \pi/a$ の範囲を表わす。横はZ軸方向(X軸方向も

同じ)であり、周期性がない方向なので境界線は存在せず、図の両端は計算した範囲を示す便宜的なものである。ブリルアンゾーン内での位置は多層構造体での波数ベクトルを、曲線は入射光の波長 λ (真空中)に対応するバンドを意味する。なお、図4の各曲線に対して示した数字は多層構造体の周期/波長(a/λ)の値である。周期的多層構造体に対するバンド図は a/λ がある値より大きくなると、不連続(いわゆるフォトニックバンドギャップ)が生じる。

【0026】図5～7は波長 λ の入射光3が周期的多層構造体に入射したときのZ軸方向への導波光とそれらがこの多層構造体表面に接する媒体への屈折光を第1～第3バンドについてそれぞれ示している。多層構造体内的光線はバンド図に示される曲線の法線として表わされるので、第1～第3バンドにおけるZ軸方向の導波光は図5～7に示す1A、1B、2A、2B、3A、3Bで表される。本発明者らの研究によると、この中で特に導波光強度の大きいものは1B、3Bである。各導波光は、多層構造体表面に接する媒体との界面から屈折光となって出射される。ただし、屈折光が放出されるためには、図から明らかなように、各円の半径で表される媒体の屈折率が一定値より大きい必要がある。

【0027】同じ導波光に対応する屈折光角度 θ は、ほぼ一定値となり、出射光は非常に指向性の良い光束となることが予想される。 θ の値は入射光の波長 λ による差が大きいので、高分解能の波長分離が実現する。したがって、図1の構成による多層構造体は高解像の分光素子として用いることができる。

【0028】また、TE、TH偏光によるバンド図には違いがある。図8に図4に示したTH偏光の場合と比較してTE偏光の場合のバンド図を示す。同じ波長の光であっても θ の値が偏光によって大きく異なるため、本発明による光学素子は偏光分離に用いることができる。

【0029】周期的多層構造体は、図2に示すような2種類の物質による構成に限定されない。物質は3種類以上であってもよい。ただし積層は各層の屈折率、厚みが一定の周期をもっている必要がある。周期的多層構造体は一般的には n 種類(n は正の整数)の物質の積層体からなる。1周期を構成する物質1、2、…、 n の屈折率を n_1 、 n_2 、…、 n_n 、厚さを t_1 、 t_2 、…、 t_n とする。また使用波長 λ における多層構造体一周期あたりの平均屈折率 n_M を

$$n_M = (t_1 \cdot n_1 + t_2 \cdot n_2 + \dots + t_n \cdot n_n) / a$$

と定義する。1周期 a は、

$$a = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

である。

【0030】本発明に適した多層構造体の平均屈折率と周期に関する条件は、

$$0.5\lambda/n_M \leq a$$

により表わされる。この範囲であれば、 $0.5\lambda/n_M$

$= a$ の近傍に存在する積層方向のバンドギャップよりも a/λ が大きくなるのでフォトニック結晶による効果を発揮することができる。周期 a が上記条件の範囲よりも小さくなると、多層構造体の特性は平均屈折率を有する均質媒体に近いものとなってしまう。

【0031】つぎに図1のような構造の光学素子を実現する具体的条件について説明する。図1の構造の光学素子は、透明な平行平面基板2の片側表面2aに、周期的多層膜層1が形成されている。この多層膜層1が上で説明した周期的多層構造体の一実現形態である。多層膜層1の端面1aに波長 λ の光を入射させると、大部分の光は多層膜層1内部での導波光4となる。ところが、一部の光は基板側への漏出光5となる。すなわち、基板が上記の周期的多層構造体に接する媒体の一つとして機能する。

【0032】本発明に用いる多層膜の材料としては、使用波長域における透明性が確保できるものであれば特に限定はないが、一般的に多層膜の材料として用いられていて耐久性や製膜コストの点で優れたシリカ、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、フッ化マグネシウムなどが適する材料である。ただし、材料間の屈折率差が小さいと変調作用が弱くなり、期待される作用が発揮されないこともあるので、屈折率差として0.1以上確保することが望ましい。材料を適切に選定すれば、本発明の作用は通常使用される200nm～20μm程度の波長範囲で発揮される。

【0033】1周期内における多層膜の構造は、物理的厚さの等しい2層とするのが最も単純であるが、(1)2層の膜厚比を変える、(2)3層以上とする、(3)膜材質を3種以上とする、といった手段により平均屈折率やバンド構造の調整を行ない、分波特性や偏光特性、入射光の利用効率の改善などに役立てることも可能である。

【0034】また、多層膜を構成する各層が、連続的に屈折率が変化するものであっても、屈折率差が確保されていれば特性はほとんど同じとなる。

【0035】基板の材質としても、使用波長域における透明性が確保できるものであれば特に限定はなく、ソーダライムガラス、光学ガラス、シリカ、シリコン、あるいはガリウム砒素などの化合物半導体などが適する材料である。温度特性などの限定が小さければ、プラスチック材料でも良い。ただし、図5～7に示されるように、多層膜層のバンド図との関係で漏出光が発生するような屈折率でなければならない。

【0036】多層膜を形成する方法としては、真空蒸着、スパッタ、イオンアシスト蒸着、CVD法などを利用することができる。また、多層膜層の空気表面1bには保護層7を付けても良い(図1、図9参照)。また、基板側でなく空気側に漏出光を発生させてもよい。この場合は空気を屈折率が1の媒体として扱うことになる。

また、空気側に漏出光を発生させる場合は、多層膜に保護層を付けないことが望ましい。

【0037】本発明による漏出光5は、たとえば図9のように凸レンズ8により集光して、光検出器9上に波長ごとに集光させれば分光装置として使用することができる。また、図10のように基板2が平行平面で光線の導波方向に充分に大きい場合は、漏出光5は全反射を繰り返し、基板端面2bからその幅の光束10となって出射される。この場合は、出射光が2方向に分離してそれぞれの強度が弱くなるが、出射面の幅が基板の厚さにほぼ等しくなるので、レンズなどによる集光を行なわなくても細い線状の光束とすることができる。さらに、円筒形状の凸レンズなどを用いれば、細い線状の像を点像に近くして光強度を大きくすることもできる。

【0038】以下、分光装置の具体的な構成例について説明する。図11に示すように、厚さ1mmの平行平面基板2(材質はソーダライムガラス)の片面に多層膜層1を形成した。基板2の厚さは一般に0.1～2mm程度であればよい。基板表面にシリカ(厚さ $t_1 = 150$ nm)の薄膜、次に酸化チタン(厚さ $t_2 = 150$ nm)の薄膜を形成して1周期とし、これを20周期(40層)繰り返してから、保護層7として厚さ2μmのシリカ膜をつけた。上記基板の両端面2cを表面と垂直に切断・研磨して幅10mmとして、多層膜部分(厚さ6μm)の端面1aに、図12に示す光学系を用いてレーザ光を入射させた。

【0039】レーザ光源11としては波長可変レーザを用いた。これが射出したレーザ光20は1/4波長板12および偏光プリズム13を通過した後、対物レンズ14により概略NA=0.1の収束光とし、焦点位置に多層膜層1を置いて垂直入射とした。

【0040】その結果、TH直線偏光を入射させた場合、図13に示すように、約200mm離したスクリーン15上に、幅2mm、長さ(図13では紙面の垂直方向)50mm程度の線状の漏出光が投影された。この漏出光は、図10に示す経路を経て外部に放出されたものである。角度θは図14に示すように、647nmから680nmまでの約33nmの波長変化に対して約27度の変化を示した。この変化は、図6に示す2A導波光に対応するものである。従来の回折格子に比べておよそ10倍大きい波長分散が得られたといえる。

【0041】本実施例では多層構造体の典型的な例として平行平板基板上に形成した多層膜層による光学素子の構成について説明した。しかし本発明の対象は基板表面に形成した多層膜層に限られない。上記の説明から明らかなように、本発明の効果は多層構造に対して生じるものであり、基板は必須の構成要素でない。多層構造に対する上記の条件が満たされれば、基板は光学的には周期的多層構造体に接する媒体として、また力学的には構造体を支持する支持体としての意味をもつに過ぎない。

い。

【0042】また、分光装置の光入射手段は上記のようなレーザ光を空間から入射する方法に限られず、例えば光ファイバなどを用いてもよい。同様に光検知手段も光検知器に直接入射する場合やレンズ等で集光して光ファイバ等に入射し伝搬させてから検知する場合など、目的に適した手段を用いることができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、周期的多層構造体からの漏出光が良好な指向性をもち、その方向が大きな波長依存性をもつことを利用して、装置を大型化することなく高分解能の分光装置、偏光分離装置を実現することができる。多構造の製作は既存の技術を用いて比較的安価に量産することができるるので、これらの光学素子の低価格化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学素子の基本構造を示す模式図である。

【図2】本発明の周期的多層構造体を示す説明図である。

【図3】2層の均質物質における導波光と屈折光の関係を示す図である。

【図4】周期的多層構造体のフォトニックバンド図の一例を示す図である。

【図5】周期的多層構造体の第1バンドにおける導波光と屈折光の関係を示す図である。

【図6】周期的多層構造体の第2バンドにおける導波光と屈折光の関係を示す図である。

【図7】周期的多層構造体の第3バンドにおける導波光と屈折光の関係を示す図である。

【図8】周期的多層構造体のTE偏光に対する第1、第2、第3バンド図である。

10

【図9】本発明の分光装置の構成図である。

【図10】本発明の分光装置の他の構成を示す図である。

【図11】本発明の光学素子の実施例を示す図である。

【図12】本発明の光学素子を評価する光学系を示す図である。

【図13】実施例の分光光学系を示す模式図である。

【図14】実施例の特性を示す図である。

【図15】回折格子を用いた分光光学系の従来例を示す図である。

【符号の説明】

1 多層膜層

1 a 多層膜層の入射端面

1 b 多層膜層の空気表面

2 基板

2 a 基板の多層膜側表面

2 b, 2 c 基板端面

3 入射光

4 導波光

5 漏出光

7 保護層

8 凸レンズ

9 光検出器

10 基板端面からの出射光

11 レーザ光源

12 1/4波長板

13 偏光プリズム

14 対物レンズ

15 スクリーン

100 周期的多層構造体

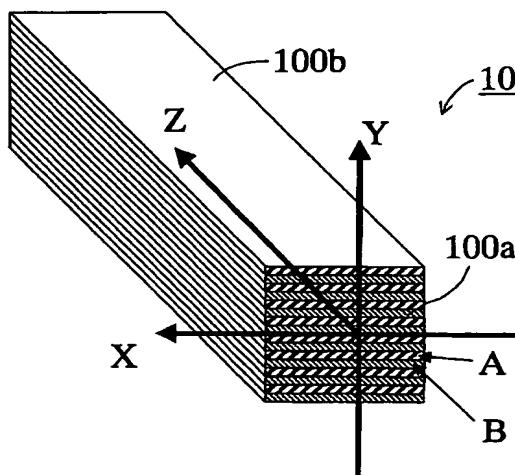
100 a 周期的多層構造体の端面

100 b 周期的多層構造体の表面

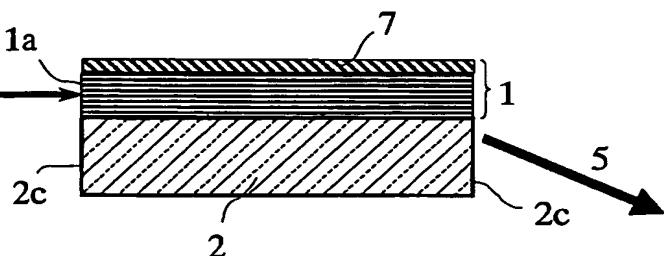
20

30

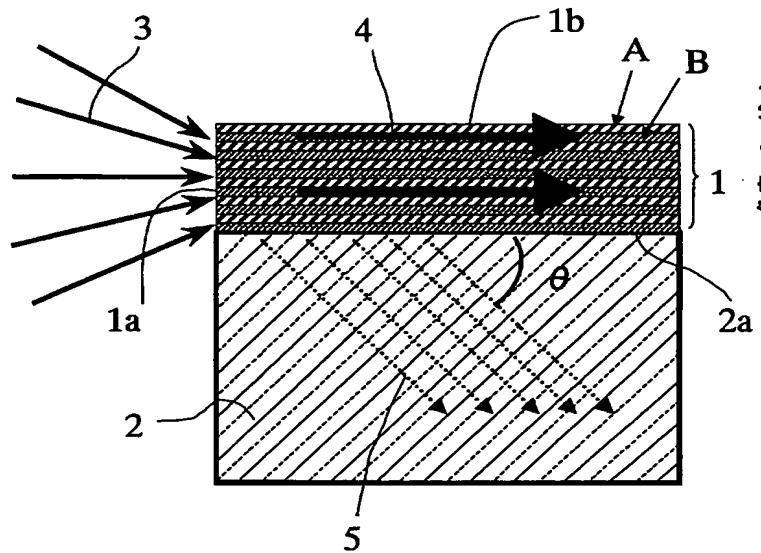
【図2】



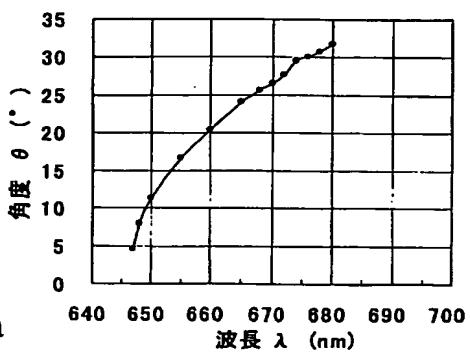
【図11】



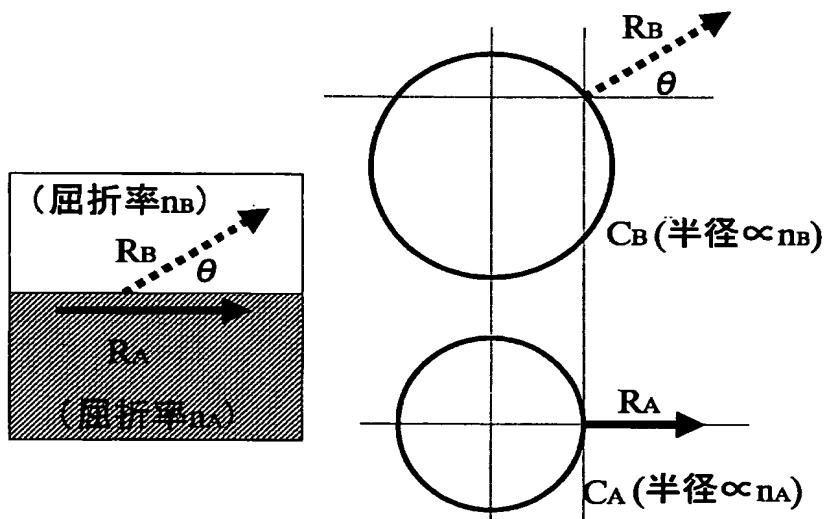
【図1】



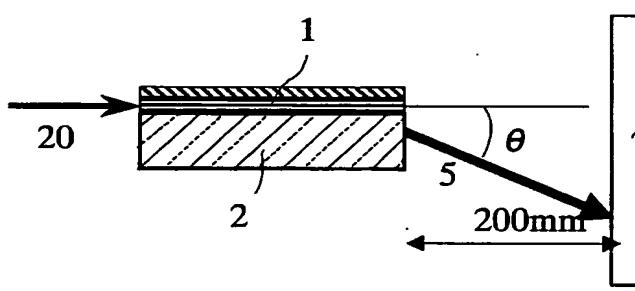
【図14】



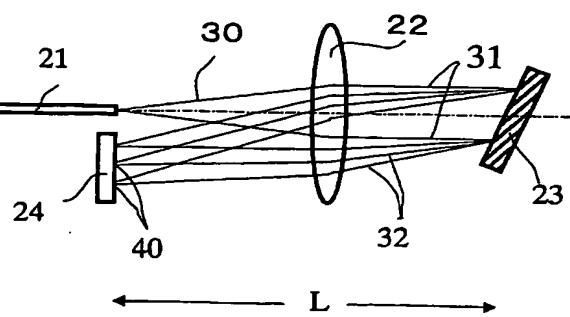
【図3】



【図13】

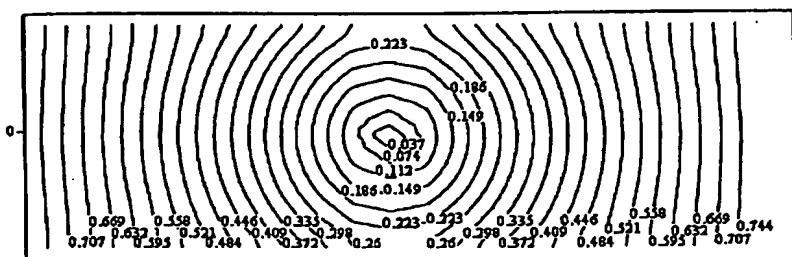


【図15】

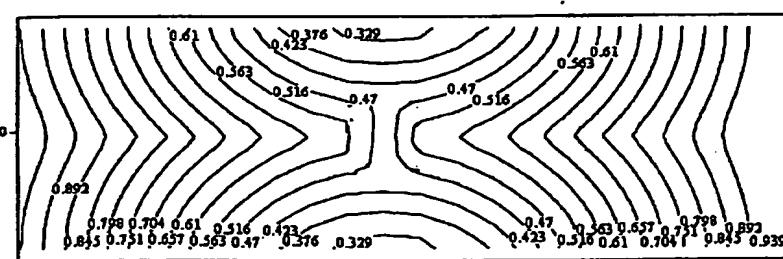


【図4】

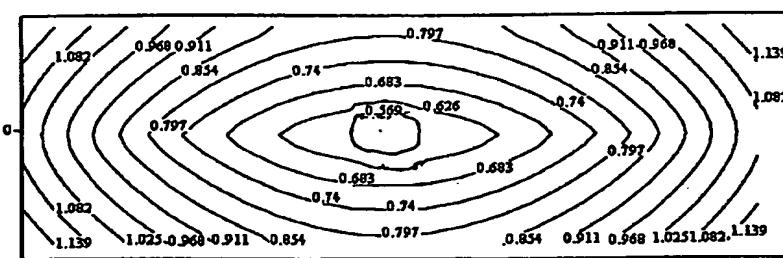
(TH第1バンド)



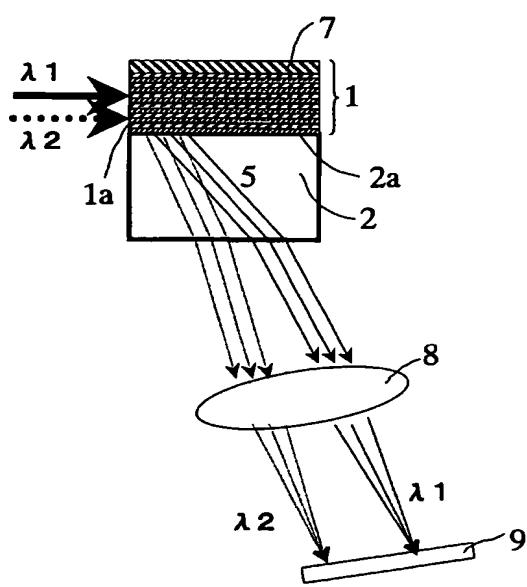
(TH第2バンド)



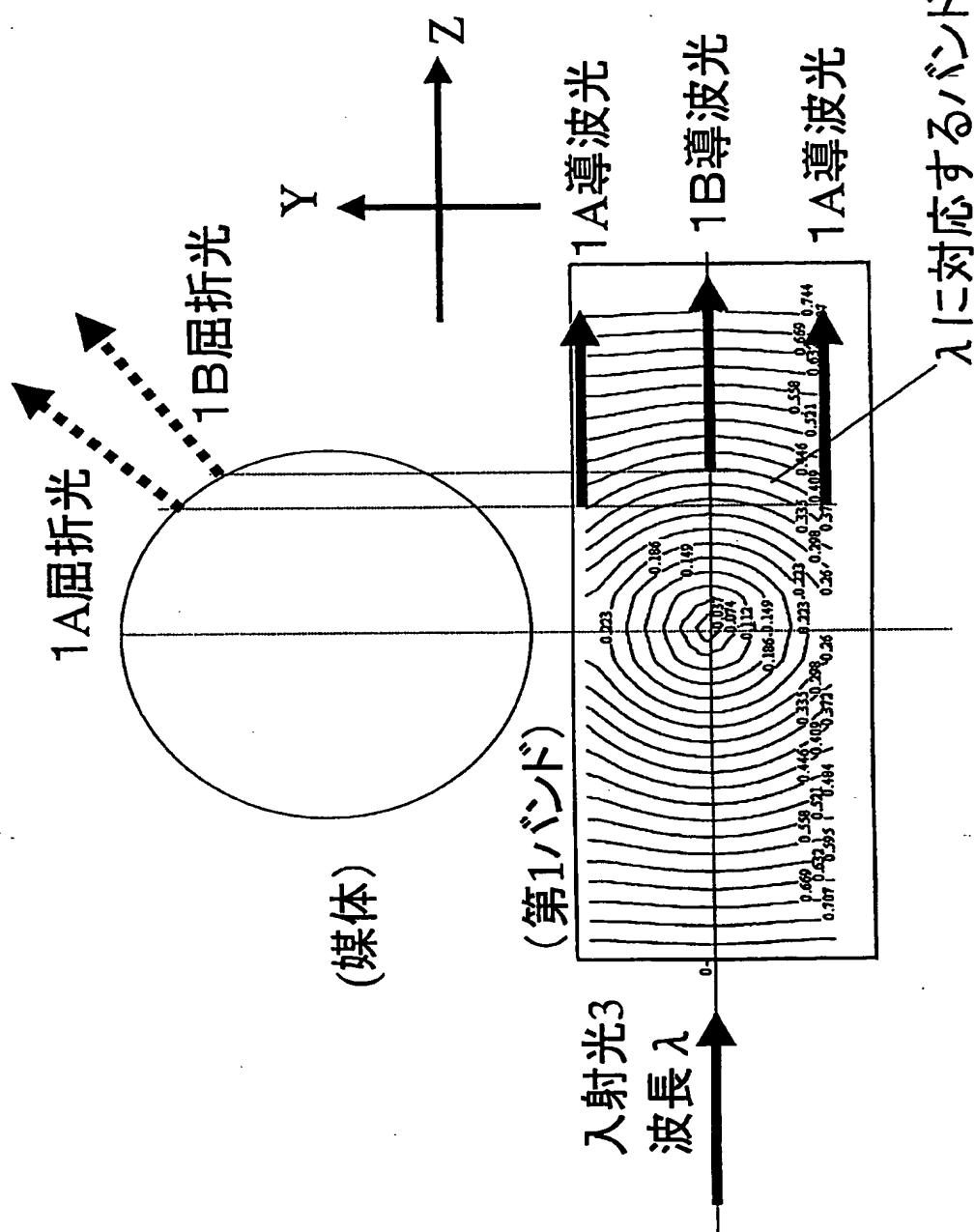
(TH第3バンド)



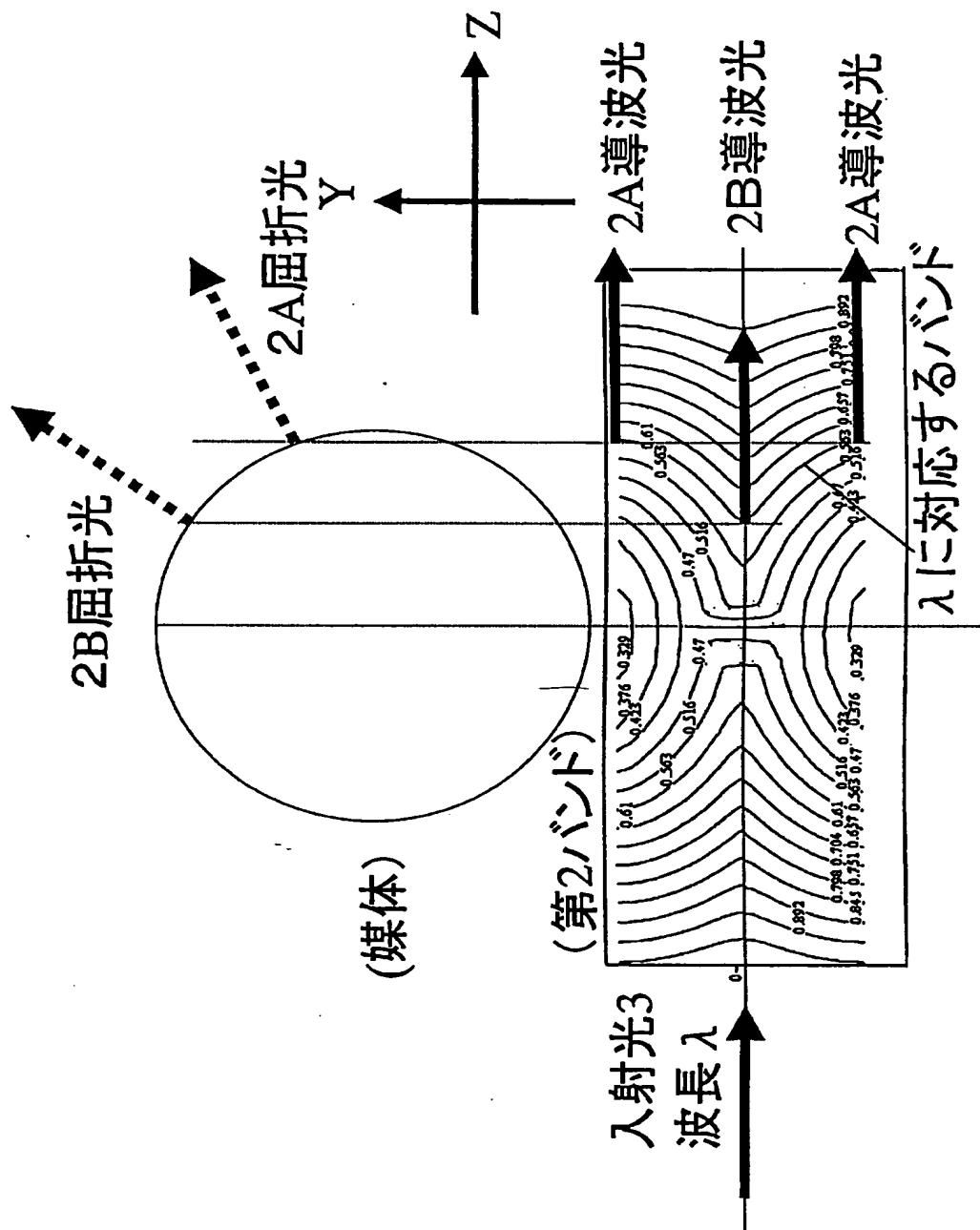
【図9】



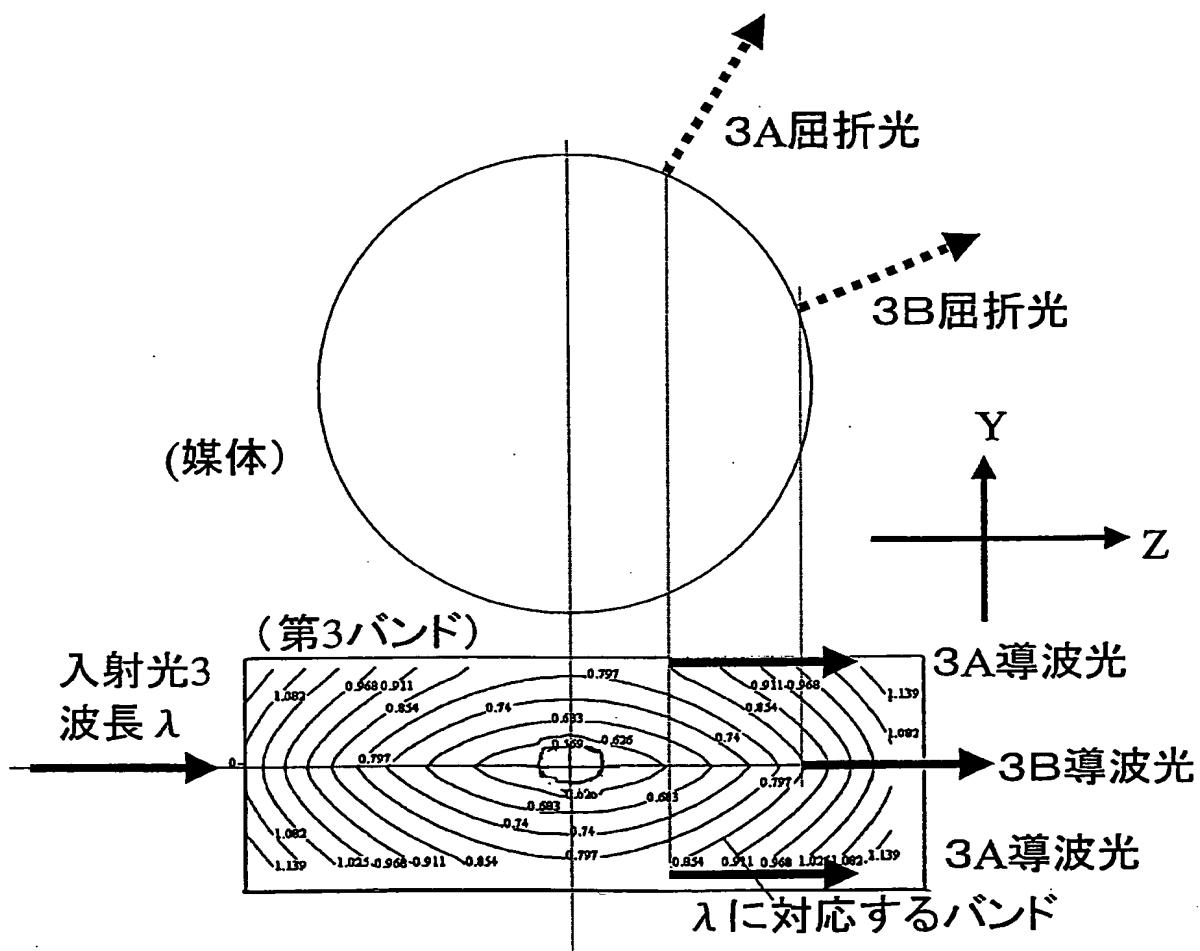
【図5】



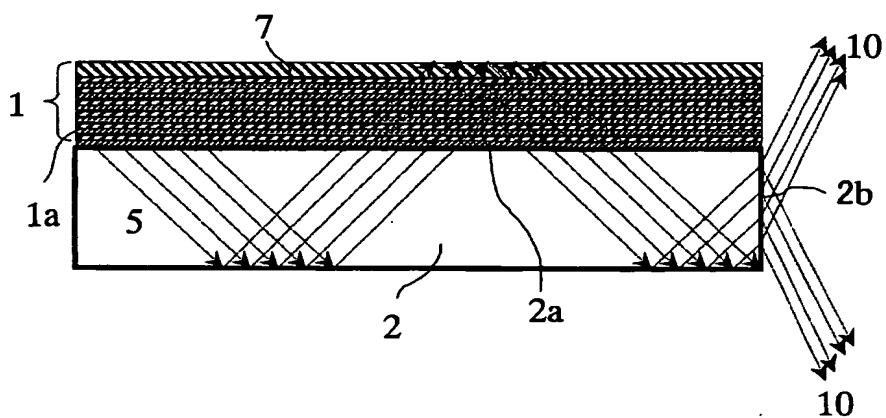
【図6】



【図7】

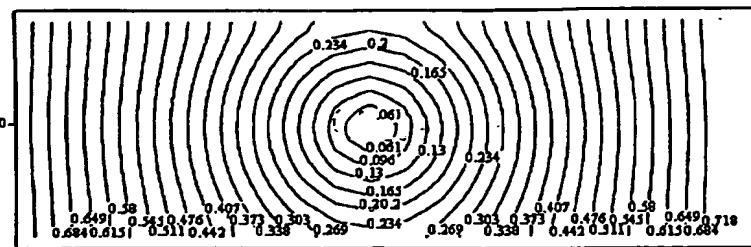


【図10】

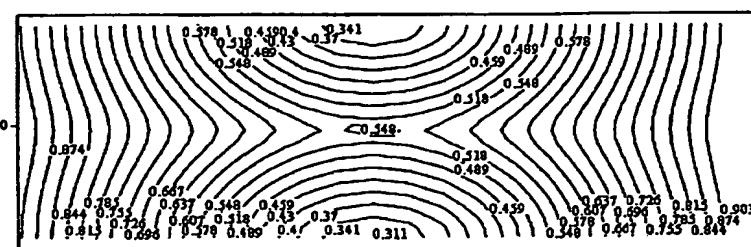


【図8】

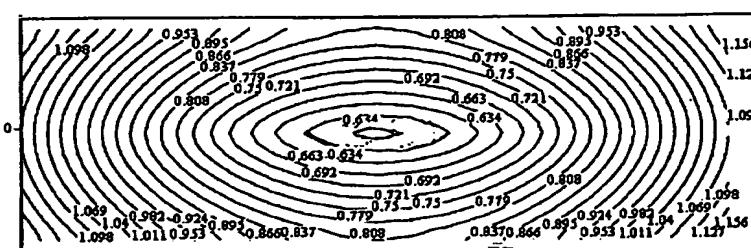
(TE第1バンド)



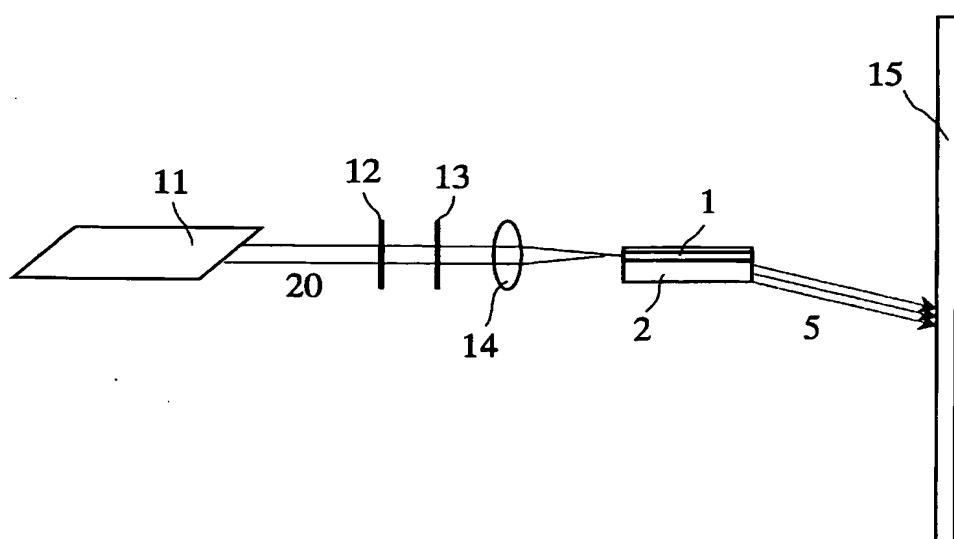
(TE第2バンド)



(TE第3バンド)



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 浅井 貴弘
大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号
日本板硝子株式会社内
(72) 発明者 小山 正
大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号
日本板硝子株式会社内

F ターム(参考) 2G020 AA04 BA20 CB23 CC29 CC32
CD22
2H047 KA02 KA15 LA18 QA01 RA00
RA01 TA01
2H049 AA02 AA31 AA44 AA50 AA51
AA58 AA59 AA62